

Sektion 4: Herbizid-Management**Section 4: Herbicide management****Effektive Kontrolle von Windhalm (*Apera spica-venti* (L.) P. B.) in Wintergetreide durch Nutzung von Herbizidbehandlungen mit hohen Wirkungsgraden – Ergebnisse der Ringversuche der Bundesländer Brandenburg, Hessen, Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen von 2001-2011**

*Effective control of loose silky-bent (*Apera spica-venti* (L.) P.B.) in winter cereals using highly efficacious herbicide treatments. Results of comparative trials in the federal states Brandenburg, Hessen, Saxony, Saxony-Anhalt and Thuringia from 2001 to 2011*

Gerhard Schröder^{1*}, Ewa Meinlschmidt², Rolf Balgheim³, Elke Bergmann⁴ & Katrin Gößner⁵

¹Landesamt für Ländliche Entwicklung, Landwirtschaft und Flurneuordnung, Steinplatz 1, D-15806 Zossen OT Wünsdorf

²Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Stübellee 2, D-01307 Dresden

³Regierungspräsidium Gießen, Am Versuchsfeld 17, 34128 Kassel-Harleshausen ⁴Landesanstalt für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau, Strenzfelder Allee 22, D-06406 Bernburg

⁵Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, Kühnhäuser Straße 101, D-99198 Kühnhausen

*Korrespondierender Autor, gerhard.schroeder@lflf.brandenburg.de

DOI: 10.5073/jka.2012.434.037

Zusammenfassung

In den letzten Jahren mehren sich die Resistenznachweise bei *Apera spica-venti* insbesondere gegenüber ALS-Hemmern und teilweise ACCase-Hemmern auch in den neuen Bundesländern. Eine Konzentration von Wintergetreide und Winterraps in den Fruchtfolgen verbunden mit einer einseitigen Herbizidanwendung haben den Selektionsdruck erhöht. Um einer weiteren Ausbreitung der Resistenzen entgegenzuwirken sind Wirkstoffgruppenwechsel und die Erzielung hoher Wirkungsgrade der Herbizidvarianten neben den ackerbaulichen Aspekten, wie Aussaattermin und Fruchtfolge die Mittel der Wahl.

Es wurde ermittelt, mit welchen dikotylen Unkräutern der Windhalm am häufigsten vergesellschaftet vorkommt. Daraus abgeleitet wurden Herbizide bzw. herbizide Tankmischungen hinsichtlich ihrer notwendigen Breitenwirkung geprüft. Im Ergebnis können Varianten empfohlen werden, die sehr hohe Wirkungsgrade gegenüber dem Windhalm einschließlich der am häufigsten vorkommenden dikotylen Unkräuter erzielt haben. Insgesamt wurden 191 Versuchsstandorte mit Windhalmvorkommen in die Auswertung einbezogen. Es werden anhand der HRAC-Einstufung Gruppen gebildet, die entsprechend der nachgewiesenen Resistenzsituation des Standortes zur Problemlösung beitragen können.

Mit hohen Wirkungsgraden gegen *A. spica-venti* konnten im Herbst Flufenacet-haltige Herbizide wie Malibu (Flufenacet, Pendimethalin), Herold SC (Flufenacet, Diflufenican), Bacara Forte (Flufenacet, Flurtamone, Diflufenican) sowie Fenikan (Isoproturon, Diflufenican) und Carmina 640 (Chlortoluron, Diflufenican) überzeugen. Aber auch Kombinationen von Herbiziden mit der HRAC Einstufung N und E bereichern die Möglichkeiten bei der Umsetzung von Antiresistenzstrategien z. B. Sumimax + Ciral (Flumioxazin + Metsulfuron, Flupyr-sulfuron) oder Boxer (Prosulfocarb) + Diflanil 500 SC (Diflufenican) bzw. Beflex (Beflubutamid). Die zur Bekämpfung von *A. spica-venti* im Frühjahr eingesetzten Sulfonylharnstoffvarianten wiesen bezüglich der Streuung der Wirkungsgrade größere Unterschiede auf.

Stichwörter: Antiresistenzstrategie, Herbizidresistenz, Herbizidwirksamkeit, HRAC-Gruppe, Stetigkeit der Unkräuter, Windhalmbekämpfung

Summary

In recent years, an increasing occurrence of resistance to *Apera spica-venti*, especially to ALS inhibitors and partially to ACCase inhibitors has been reported for the new federal states, too. The dominance of winter wheat and winter rape in crop rotations associated with a unilateral application of herbicides has increased the selection pressure. In order to counter further spread of herbicide resistance, the right choice of the mode of action of the herbicide or herbicide combination and highly efficacious herbicide treatments are the methods of choice, of course in addition to the agronomic aspects, such as sowing date and crop rotation.

The research determined how and to what extent dicotyledonous weeds are associated with loose silky-bentgrass. Based on the results, single herbicides or herbicide tank mixes were tested to achieve the expected level of control. As a result, treatments which have achieved very high level of control against *A. spica-venti* and the most common dicotyledonous weeds can be recommended. A total of 191 trial sites have been included in the analysis of *A. spica-venti*. Using the HRAC-classification of herbicides used, groups were formed which might contribute to solving problems specifically linked to the detected resistance situation of the site.

In the autumn, flufenacet-containing herbicides, such as Malibu (flufenacet, pendimethalin), Herold SC (flufenacet, diflufenican), Bacara Forte (flufenacet, flurtamone, diflufenican), Carmina 640 (chlortoluron, diflufenican) and Fenikan (isoproturon, diflufenican) demonstrated high efficiency against *A. spica-venti*. Combinations of herbicides with the HRAC classification of N and E provide further opportunities for the implementation of anti-resistance management strategies, such as Sumimax + Ciral (flumioxazin + metsulfuron, flupyrsulfuron) or Boxer (prosulfocarb) + Diflanil 500 SC (diflufenican) or Beflex (beflubutamid). When applied in spring, significant differences concerning the efficiency and robustness of sulfonylureas for the control of *A. spica-venti* were observed.

Keywords: Anti-resistance management, control of loose silky-bent, frequency of weeds, herbicide efficacy, herbicide resistance, HRAC group

1. Einleitung

Der Gemeine Windhalm, *Apera spica-venti* (L.) P. B hat in Ostdeutschland von den Ungräsern die größte Bedeutung (SCHRÖDER et al., 2004). Die Art bevorzugt mittlere bis leichte Böden und ist an den Entwicklungsrhythmus von Winterungen angepasst (MELANDER et al., 2007). Bedingt durch die starke Bestockung und den langen Halm besitzt der Gemeine Windhalm in Wintergetreidebeständen eine hohe Konkurrenzkraft, welche die von Acker-Fuchsschwanz übertrifft (NIEMANN und ZWINGER, 2006). In einem mehr kontinental geprägten Klima läuft der Windhalm in manchen Jahren teilweise erst Mitte bis Ende Oktober auf. In milden Wintern kann sich der Auflaufzeitraum bis in das Frühjahr ausdehnen (KAMPE, 1975; SOUKUP et al., 2006).

In mehreren Regionen Europas wurden in den letzten Jahren verstärkt resistente Populationen von Windhalm, insbesondere gegen Sulfonylharnstoffe, nachgewiesen (MARCEWSKA und ROLA, 2005; DELABAYS et al., 2006; NOVAKOVA et al., 2006; HAMOUZOVÁ et al., 2010). Das vermehrte Auftreten von resistenten Windhalmbiotypen in Deutschland ist ein großes Problem in der pflanzlichen Produktion. In einem deutschlandweiten Monitoring zeigten 34 % der Zufallsproben eine verminderte Sensitivität, wobei eine große Anzahl der Proben eine Resistenz gegen Iodosulfuron und Sulfosulfuron aufwies (KRATO und PETERSEN, 2010). In Bayern sind vor allem die Herbizide aus der Gruppe der ALS-Hemmer und PS-II-Hemmer von der Resistenz betroffen. Gegenüber Broadway (Pyroxulam + Florasulam) traten nur in Einzelfällen unterschwellige Resistenzen auf (GEHRING et al., 2010). In Rheinland-Pfalz konnte erstmals ein Nachweis einer multiplen Herbizidresistenz gegenüber Isoproturon, den FOP's, Pinoxaden, Flupyrsulfuron, Propoxycarbazone sowie Iodosulfuron + Mesosulfuron geführt werden (AUGUSTIN, 2010). In einem in Mittel- und Osteuropa angelegten Monitoring wiesen 60 % der Samenproben von Verdachtsfällen eine ALS-Resistenz und nur einzelne ACCase-Resistenzen bei Windhalm auf (MASSA und GERHARDS, 2011). Bei der ALS-Resistenz tritt Target-Site-Resistenz relativ häufig als Resistenzmechanismus auf (MASSA et al., 2011). Auch KRATO und PETERSEN (2010) konnten beim Windhalm nur in Einzelfällen eine ACCase-Resistenz nachweisen.

Seit 2009 wurde in den Bundesländern Brandenburg, Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen aus der landwirtschaftlichen Praxis immer öfter über eine reduzierte Wirkung von Herbiziden gegenüber dem Windhalm berichtet. Im Rahmen der Ursachenermittlung wurden von den Herstellerfirmen, deren Herbizide Minderwirkungen zeigten, erste Untersuchungen auf den Resistenzstatus durchgeführt. In der Abbildung 1 sind die bisherigen Untersuchungsergebnisse der PSM-Herstellerfirmen Bayer CropScience, DuPont, Syngenta und die in Auftrag gegebenen Resistenzuntersuchungen der Pflanzenschutzdienste der Länder einschließlich 2010 dargestellt.

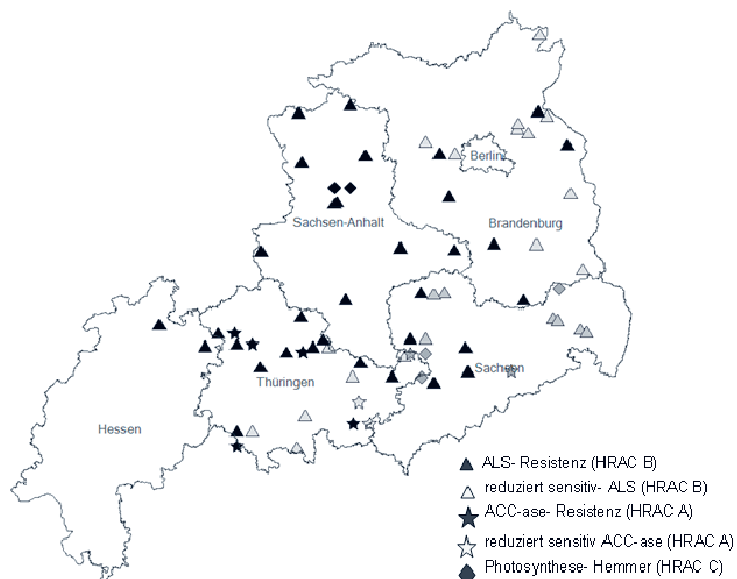


Abb. 1 Nachgewiesene Herbizidresistenzen beim Windhalm in den fünf Bundesländern (Stand 2010).

Fig. 1 Reported herbicide resistance in *Apera spica-venti* in five federal states in Germany (2010).

Dabei handelt es sich bei 91 % der Proben um Standorte, die eine deutliche Minderwirkung gegenüber den jeweiligen Herbizidwirkstoffen aufwiesen. Die restlichen 9 % der Herbizidresistenznachweise stammen von Standorten, die im Rahmen von Resistenzmonitorings zufällig beprobt wurden. Nach den Einschätzungen der zuständigen Pflanzenschutzdienste der in Abbildung 1 dargestellten Länder ist gegenwärtig davon auszugehen, dass herbizidresistente Biotypen bzw. Populationen von *A. spica-venti* auf deutlich unter 1 % der Wintergetreideanbaufläche vorkommen. Die relativ niedrige Anzahl von positiven Herbizidresistenznachweisen ist auf die allgemein in den Ländern noch geringe Anzahl der Untersuchungen zurückzuführen. WOLBER (2010, 2011) verweist darauf, dass die Sulfonylharnstoffe gegen Windhalm im Frühjahr an vielen Standorten in Niedersachsen nicht mehr ausreichend wirken. Im Vergleich zu Niedersachsen ist die Anzahl der nachgewiesenen Herbizidresistenzen bei ALS-Hemmern in den Ländern Brandenburg, Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen z.Z. noch geringer. Eine der Ursachen für die später auftretenden Sulfonylharnstoffresistenzen beim Windhalm ist die noch bis Mitte der neunziger Jahre praktizierte vielgliedrige Fruchtfolge. Im Vergleich der Jahre 1993 und 2010 hat der Anteil der Winterungen (Winterweizen, Winterroggen, Wintergerste und Winterraps) in Brandenburg um 31 %, in Sachsen-Anhalt um 33,9 %, in Thüringen um 34,8 % und in Sachsen um 44,8 % zugenommen. In Verbindung mit einer allgemein etwas früheren Aussaat hat der an die Herbstkulturen angepasste Windhalm zunehmend optimale Entwicklungsbedingungen gefunden. Nach Einschätzung der Pflanzenschutzdienste werden im Mittel der Jahre ca. 70 % der Getreideflächen im Herbst gegen Windhalm und dikotyle Unkräuter behandelt. Somit hat der Einsatz der weniger resistenzgefährdeten Wirkstoffgruppen HRAC K1, K3 und F1 der Selektion von resistenten Biotypen weitgehend entgegengewirkt (Einstufung der Herbizide nach dem Wirkort-Prinzip durch das Herbicide Resistance Action Committee (HRAC), 2011). Auf Standorten, auf denen jedoch verstärkt Sulfonylharnstoffe im Herbst und/oder im Frühjahr mehrjährig appliziert wurden, sind nachweislich die ersten resistenten Biotypen selektiert worden. Aufgrund der allgemein noch geringen Nachweise von resistenten Biotypen von *A. spica-venti* in den vier neuen Bundesländern, besteht noch die Möglichkeit, durch effektive Antiresistenzstrategien die weitere Selektion dieser Biotypen zumindest hinauszuzögern. Im Rahmen der Ringversuchsgruppe der Bundesländer Brandenburg, Sachsen, Sachsen-Anhalt, Thüringen und Hessen wurden in den Jahren von 2001 bis 2011 Herbizidvarianten in Wintergetreide

bezüglich der erreichten Wirkungsgrade gegenüber *A. spica-venti* und den wichtigsten dikotylen Leitunkräutern geprüft. Durch eine gezielte Auswertung der Versuchsergebnisse sollten die Herbizide bzw. herbiziden Tankmischungen mit den höchsten Wirkungsgraden gegenüber *A. spica-venti*, unterteilt nach den HRAC-Gruppen, ermittelt werden.

2. Material und Methoden

2.1 Stetigkeit

Um aus der Vielzahl der Herbizide die an das meist vorkommende Unkrautspektrum passenden Wirkstoffe auswählen zu können, sind Aussagen über die Stetigkeit der Unkrautarten notwendig. Es wurden die unbehandelten Kontrollen der Jahre 2001 - 2011 von Streulageversuchen zur Windhalmbekämpfung der Bundesländer Brandenburg, Hessen, Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen herangezogen und mit den Ergebnissen der Jahre 1995 - 2004 verglichen. Man wählte zur Auswertung nur solche Versuche aus, die im Herbst angelegt wurden und in denen zumindest eine Variante im BBCH-Stadium 09 - 11 appliziert wurde. Obwohl bei der Versuchsflächenauswahl in der Streulage primär das Kriterium einer möglichst hohen Verunkrautung im Mittelpunkt stand, konnte bei der konkreten Flächenauswahl wegen mangelnder sichtbarer Verunkrautung das Unkrautpotential des jeweiligen Standortes nicht eingeschätzt werden. In diesem Sinne kann die Auswahl durchaus als statistische Zufallsauswahl betrachtet werden. Insgesamt konnten 191 Standorte in die Auswertung einbezogen werden. Dabei ist zu beachten, dass nur solche Unkrautarten zur Bewertung der Stetigkeit herangezogen wurden, die bei der Frühjahrsbonitur in der unbehandelten Kontrolle einen Deckungsgrad je Art von über 5 % erreicht haben.

2.2 Versuchsdurchführung

Im Rahmen von Ringversuchen der Bundesländer wurden die Wirkungen der Herbizide bzw. herbizider Tankmischungen hinsichtlich der Strategien zur Resistenzvermeidung bzw. zur Verlangsamung der Resistenzdynamik bei Windhalm geprüft. Mit den entsprechenden Aufwandmengen sollten sowohl *A. spica-venti* als auch die dikotylen Leitunkräuter, wie *Centaurea cyanus* L., *Matricaria*-Arten, *Papaver rhoeas* L. oder der zunehmende Ausfallraps mit hohen Wirkungsgraden erfasst werden. Die Versuche wurden in Streulage als randomisierte Blockanlage mit vier bzw. drei Wiederholungen angelegt. Die Parzellengröße betrug ca. 20 m². In den Abschlussbonituren kurz vor der Ernte wurden die Windhalm-Rispen/m² gezählt und mit den Werten der unbehandelten Kontrolle verglichen. Die Darstellung der Wirkungsgrade erfolgte mit Hilfe von Boxplots. Der waagerechte Strich markiert den Median. Die eingesetzten Herbizide und herbizide Tankmischungen mit den Aufwandmengen sind in den Tabellen 1 und 2 dargestellt.

Tab. 1 Auswahl der geprüften Herbizidvarianten gegen *A. spica-venti* im Herbst.**Tab. 1** Rates of herbicide used for the control of *A. spica-venti* in autumn.

Herbizid bzw. Tankmischung; Aufwandmenge in l, kg/ha	Wirkstoffe in g/ha	HRAC-Gruppen
ALS-Hemmer (B), PSII (C2), PDS (F1), Mikrotubuli (K1)		
Alister; 0,8	2,4 Iodosulfuron; 7,5 Mesosulfuron	B; F1
Lentipur 700; 2,0 +	120 Diflufenican	
Alliance; 0,065	1400 Chlortoluron	C2 + F1; B
Piconia; 1,5 +	42 Diflufenican; 4,2 Metsulfuron	
Lexus; 0,015	480 Pendimethalin; 24 Picolinafen	K1; F1 + B
Falkon; 1,0 +	7,5 Flupyr sulfuron	
Primus; 0,075	100 Diflufenican; 15 Penoxsulam	F1; B + B
Orbit; 2,5 +	3,7 Florasulam	
Lexus; 0,015	833,2 Pendimethalin; 33,2 Cinidon-ethyl	K1 + B
Absolute M; 0,135 +	7,5 Flupyr sulfuron	
Stomp Aqua; 1,5	59,9 Diflufenican; 7,6 Flupyr sulfuron	F1; B + K1
Absolute M; 0,180	1137,5 Pendimethalin	
	79,9 Diflufenican; 10,1 Flupyr sulfuron	F1; B
ACCase-Hemmer (A), PSII (C2), PPO-Hemmer (E), PDS (F1), Zellteilung (K1), und Fettsynthese (N)		
Sumimax; 0,05 +	25 Flumioxazin	E + B
Ciral; 0,0125	2,1 Metsulfuron; 4,2 Flupyr sulfuron	
Boxer; 2,5 +	2000 Prosulfocarb	N + F1
Diflanil 500 SC*; 0,25	125 Diflufenican	
Boxer; 2,5 +	2000 Prosulfocarb	N + F1
Beflex; 0,4	200 Beflubutamid	
Axial 50; 0,7 +	35 Pinoxaden	A + K1
Stomp Aqua; 2,0	910 Pendimethalin	
Axial 50; 0,5 +	25 Pinoxaden	A + B
Ciral; 0,0125	2,1 Metsulfuron; 4,2 Flupyr sulfuron	
Ralon Super; 0,8 +	55 Fenoxaprop	A + C2
Lentipur 700; 2,0	1400 Chlortoluron	
PSII (C2), PDS (F1); Mikrotubuli (K1), Zellteilung (K3)		
Carmina 640; 2,5	1500 Chlortoluron; 100g Flufenacet	C2; K3
Malibu; 2,5 +	750 Pendimethalin; 150g Flufenacet	
Pointer SX; 0,015	7,5 Tribenuron	K1; K3 + B
Bacara Forte; 1,0	120 Diflufenican; 120 Flufenacet; 120 Flurtamone	
Fenikan; 2,0	1000 Isoproturon; 125 Diflufenican	C2; F1
Herold SC; 0,3	60 Diflufenican; 120 Flufenacet	
Malibu; 1,5 +	450 Pendimethalin; 90 Flufenacet	F1; K3
Pointer SX; 0,015	7,5 Tribenuron	
Bacara; 0,75 +	175 Flurtamone; 70 Diflufenican	K1; K3 + B
Pointer SX; 0,015	7,5 Tribenuron	
Trinity; 2,0	600 Pendimethalin; 500 Chlortoluron;	F1 + B
	80 Diflufenican	
		K1; C2; F1

* Zulassung wird erwartet

Tab. 2 Auswahl der geprüften Herbizidvarianten gegen *A. spica-venti* im Frühjahr.**Tab. 2** Rates of herbicide used for the control of *A. spica-venti* in spring.

Herbizid bzw. Tankmischung; Aufwandmenge in l oder kg/ha		Wirkstoffe in g/ha	HRAC-Gruppen
ALS-Hemmer (B) und ACCase-Hemmer (A)			
Broadway; 0,130 + Broadway- Netzmittel (NM); 0,6		3 Florasulam; 8,9 Pyroxulam	B
Atlantis OD; 0,5		5,2 Mesosulfuron; 1 Iodosulfuron	B
Monitor; 0,0125 + Monfast; 0,2 %		10 Sulfosulfuron	B
Axial 50; 0,9 +		45 Pinoxaden	
Starane XL; 1,2		120 Fluroxypyr; 3 Florasulam	A + O; B
Traxos; 1,2 +		30 Pinoxaden, 30 Clodinafop	
Starane XL; 1,2		120 Fluroxypyr; 3 Florasulam	A + O; B
Ralon Super; 1,0 +		69 Fenoxaprop	
Lentipur 700; 3,0		2100 Chlortoluron	A + C2
Atlantis WG; 0,15 +			
Formulierungsstoffsstoff (FHS); 0,3 +		0,9 Iodosulfuron; 4,5 Mesosulfuron	
Starane XL; 1,2		120 Fluroxypyr; 3 Florasulam	B + O; B
Concert SX; 0,15		6 Metsulfuron; 60 Thifensulfuron	B
Husar OD; 0,1 + Mero; 1,0		10 Iodosulfuron	B

3. Ergebnisse

3.1 Stetigkeit

Die Abbildung 2 gibt einen Überblick über die mit *A. spica-venti* vergesellschafteten dikotylen Unkrautarten im Zeitraum 2001 - 2011. Da in der landwirtschaftlichen Praxis nicht nur der Windhalm sondern auch die dikotylen Unkräuter durch gezielte Herbizidmaßnahmen kontrolliert werden müssen, sollten solche Tankmischungen ausgewählt werden, die die häufigsten Unkrautarten ebenfalls gut bekämpfen. Arten wie *Centaurea cyanus*, *Papaver rhoeas* und der Raps-Durchwuchs, die ein hohes Konkurrenzpotenzial besitzen, sind standortbezogen mit zu berücksichtigen. Im Vergleich zu den registrierten Stetigkeiten im Zeitraum 1995 - 2004 (SCHRÖDER et al., 2006) verschob sich *Viola arvensis* vom Rang 4 auf den Rang 1 und wurde auf 68 % der Versuchsstandorte registriert. Darauf folgten *Matricaria* spp. mit 64 % und *Stellaria media* mit 52 %. *Veronica*-Arten verschoben sich vom Rang 6 auf den Rang 4. Im Vergleich zum Zeitraum 1995 - 2004 ist eine zunehmende Stetigkeit von 5 % bei *Brassica napus*, 7 % bei *Centaurea cyanus* sowie 10 % bei *Papaver rhoeas* zu verzeichnen. *Centaurea cyanus* und *Papaver rhoeas* sind in den fünf Ländern noch unterschiedlich verbreitet. Beide Arten kommen in nördlichen Ländern stärker vor. Im Bereich von 10 % liegen *Myosotis arvensis*, *Descurainia sophia* und *Geranium* spp.. Auf etwa 30 % der Standorte treten *Galium aparine* und *Brassica napus* auf.

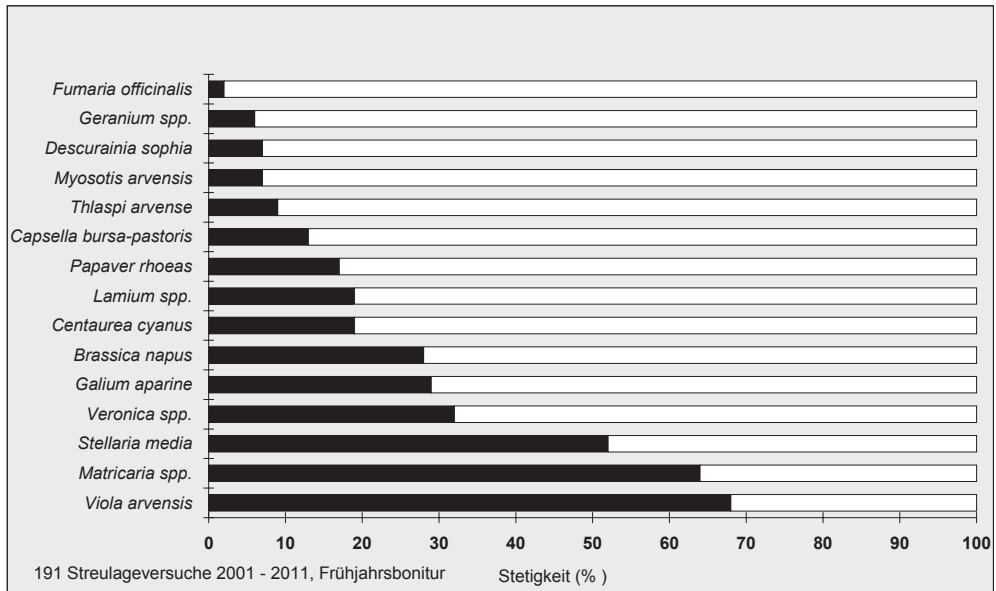


Abb. 2 Stetigkeit (%) der dikotylen Unkrautarten, die mit *A. spica-venti* vergesellschaftet auf den 191 Versuchsstandorten auftraten, 2001 – 2011.

Fig. 2 Frequency (%) of broad-leaved weeds associated with *A. spica-venti* on 191 trial sites, 2001 – 2011.

3.2 Versuchsergebnisse

Die Abbildung 3 zeigt die Herbizidvarianten von Sulfonylharnstoffen in Tankmischung mit Wirkstoffen aus den HRAC-Gruppen F1 bzw. K1 oder C2. In der Variante Lentipur 700 und Alliance wurde Alliance mit einer Aufwandmenge von 70 g/ha geprüft. Im Rahmen der Zulassung gewährte das Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit für den Herbsteinsatz von Alliance nur eine Aufwandmenge von 65 g/ha.

Die Wirkungsgrade (Median der Boxplots) lagen bei allen Herbizidvarianten über 98 %. Bezüglich der Streuung der Wirkungsgrade gibt es jedoch Unterschiede. In allen Herbizidvarianten traten auf einzelnen Versuchsstandorten zum Teil deutliche Minderwirkungen auf (sogenannte Ausreißer und Extremwerte in der Boxplotsdarstellung). Da die Versuchsstandorte nicht auf resistente Biotypen von *A. spica-venti* untersucht wurden, können rückwirkend keine Aussagen zu den Ursachen der Minderwirkung getroffen werden. Die meisten Minderwirkungen auf den Versuchsstandorten beschränken sich jedoch auf die zurückliegenden vier Jahre. Somit kann zumindest vermutet werden, dass Teile der Windhalmpopulation durchaus bereits eine Resistenz gegenüber Sulfonylharnstoffen aufweisen. Da von den Wirkstoffen der Tankmischungspartner ebenfalls eine herbizide Wirkung gegenüber *A. spica-venti* erzielt wird, liegen die Wirkungsgrade auch auf den Standorten mit vermuteter Sulfonylharnstoff-Resistenz noch deutlich über 50 %.

Aus der Abbildung 4 ist ersichtlich, dass von diesen vorwiegend über den Boden wirkenden Herbizidkombinationen die verschiedenen Mischungen mit dem Wirkstoff Flufenacet die höchsten Wirkungsgrade gegenüber *A. spica-venti* erzielen konnten. Dabei wiesen die Varianten 2,5 l/ha Carmina 640, die Tankmischung 2,5 l/ha Malibu + 15 g/ha Pointer SX und 1,0 l/ha Bacara Forte (Windhalmzulassung nur 0,8 l/ha) die geringste Streuung auf. Obwohl diese drei Versuchsvarianten Wirkungsgrade im Median von 98 % bzw. 99 % trotz der hohen Versuchszahlen bei Bacara Forte und Carmina 640 aufwiesen, wurden auf einigen Versuchsstandorten geringere Wirkungsgrade bonitiert. Die Analyse dieser Versuchsstandorte ergab, dass überwiegend eine langanhaltende Trockenheit nach der Applikation für die geringere herbizide Leistung verantwortlich ist.

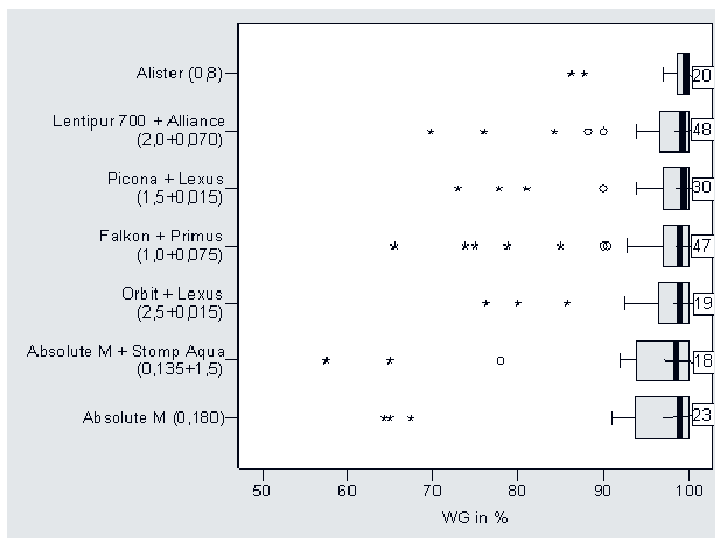


Abb. 3 Wirkung von Herbizidvarianten (%) der HRAC Gruppe B in Tankmischung mit Wirkstoffen anderer HRAC Gruppen bei Herbstapplikation gegen *Apera spica-venti*, Aufwandmengen der Herbizide in l bzw. kg/ha in Klammern, Zahl im Balken = Anzahl der Ergebnisse.

Fig. 3 Efficacy of herbicides (%) of HRAC group B in combination with different HRAC groups for autumn application against *Apera spica-venti*. Figures in brackets indicate herbicide use rates in l or kg/ha, figures in square = number of trials.

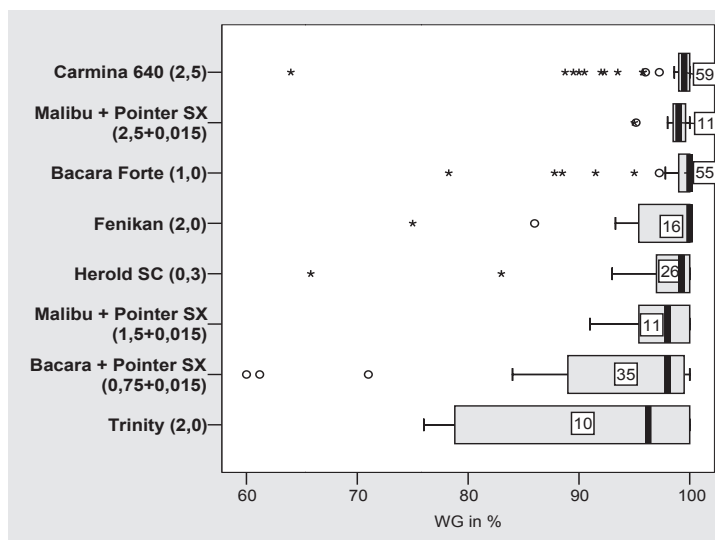


Abb. 4 Wirkung von Herbizidvarianten (%) der HRAC-Gruppen F1, K1, K3 und C2 in unterschiedlicher Kombination bei Herbstapplikation gegen *A. spica-venti*, Aufwandmengen der Herbizide in l bzw. kg/ha in Klammern, Zahl im Balken = Anzahl der Ergebnisse.

Fig. 4 Efficacy of herbicides (%) of HRAC groups F1, K1, K3 and C2 in different combinations for autumn application against *A. spica-venti*. Figures in brackets indicate herbicide use rates in l or kg/ha, figures in square = number of trials.

In vergleichenden Untersuchungen konnten bezüglich der Aufwandmenge von 1,0 l/ha und 0,8 l/ha Bacara Forte nur marginale Unterschiede in der Windhalmwirkung festgestellt werden. Insbesondere wurden bei einer Reduzierung der Aufwandmengen der Herbizide z. B. Herold SC, Fenikan, Malibu mit einer Aufwandmenge von 1,5 l/ha und Bacara von 0,75 l/ha eine größere Streuung der Wirkungsgrade ermittelt. Das neu zugelassene Herbizid Trinity konnte unter den Einsatzbedingungen 2010 bezüglich der Wirkungssicherheit nicht überzeugen.

Die Abbildung 5 zeigt, dass mit den blattaktiven ACCase-Hemmern Axial 50 und Ralon Super in Tankmischung mit Herbiziden aus anderen HRAC-Klassen hohe Wirkungsgrade gegenüber *A. spica-venti* realisiert wurden (Median 98 %). Die ausgewiesenen verminderten Wirkungsgrade speziell bei Axial 50 (Ausreißer) sind auf den Versuchsstandorten nicht auf eine metabolische Resistenz zurückzuführen, sondern durch den späteren Aufruf des Windhalms in milden Wintern bzw. im zeitigen Frühjahr begründet. Herbizidkombinationen mit den HRAC-Gruppen E (Sumimax) und N (Boxer) wurden erst in den Jahren seit 2009 (Sumimax) bzw. 2010 (Boxer) in die Ringversuche integriert. Mit der Tankmischung Sumimax + Ciral (Sumimax hat nur eine Zulassung in Winterweizen) konnten im Median Wirkungsgrade gegenüber dem Windhalm von 98 % erzielt werden. Aus der Abbildung 5 ist ersichtlich, dass auch bei dieser Tankmischung auf einzelnen Versuchsstandorten Minderwirkungen bonitiert wurden. Eine Analyse dieser Standorte bzgl. der Minderwirkung ergab, dass in diesen Fällen die Applikation dieser Tankmischung erst im 2- Blattstadium erfolgte. Auch mit den Tankmischungen Boxer + Diflanil 500 SC (z. Z. noch keine Zulassung) bzw. Boxer + Beflex konnten hohe Wirkungsgrade erzielt werden. Diese Tankmischungen sind in allen Wintergetreidearten einsetzbar.

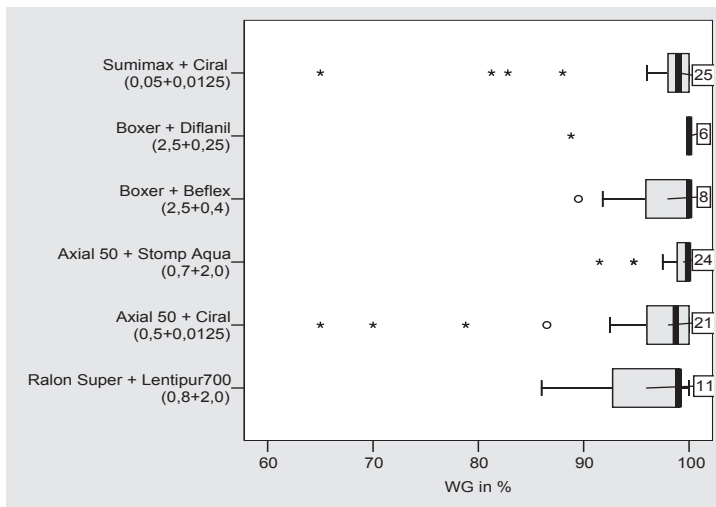


Abb. 5 Wirkungsgrade von Herbizidvarianten (%) der HRAC-Gruppe A in Tankmischung mit anderen HRAC Gruppen sowie von Herbizidvarianten der HRAC-Gruppe N und E jeweils in Tankmischung bei der Herbstapplikation gegen *A. spica-venti*, Aufwandmengen der Herbizide in l bzw. kg/ha in Klammern, Zahl im Balken = Anzahl der Ergebnisse.

Fig. 5 Efficacy of herbicides (%) of HRAC group A in combination with herbicides of a different HRAC group and with herbicides of group N and E for autumn application against *A. spica-venti*. Figures in brackets indicate herbicide use rates in l or kg/ha, figures in square = number of trials.

Die Abbildung 6 zeigt, dass zwischen den verschiedenen Varianten der ALS-Hemmer z.B. Broadway + Broadway Netzmittel (NM) und Husar + Mero deutliche Unterschiede in der Streuung der Wirkungsgrade bestehen. Beide ALS-Hemmer erzielten auf einzelnen Versuchsstandorten deutlich unterschiedliche Wirkungsgrade, während sie auf anderen Standorten annähernd Wirkungsgrade von 98 % erreichten. Diese Ergebnisse lassen vermuten, dass auf den Standorten mit

unterschiedlichen Wirkungsgraden bereits resistente Biotypen vorhanden sind. Neben den Sulfonylharnstoffen konnten auch die ACCase-Hemmer Axial 50 und Traxos mit hohen Wirkungsgraden überzeugen. Axial 50 wies gegenüber Traxos eine geringere Streuung der Wirkungsgrade auf.

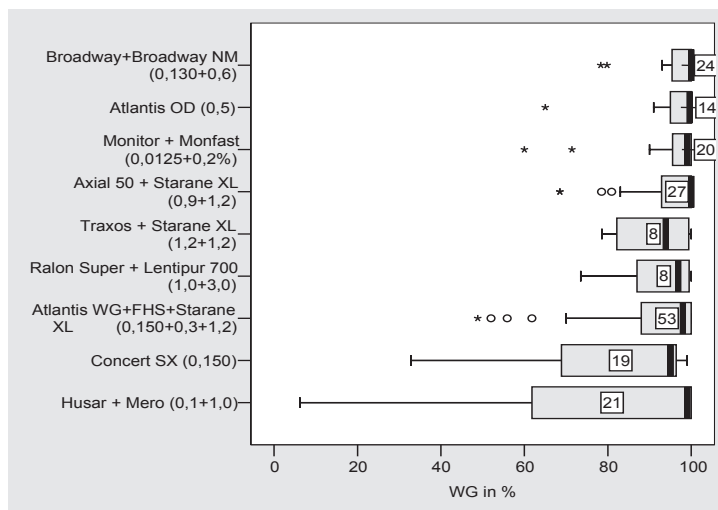


Abb. 6 Wirkung von Herbizidvarianten (%) der HRAC-Gruppe A und B bei der Applikation im Frühjahr gegen *A. spica-venti*, Aufwandmengen der Herbizide in l bzw. kg/ha in Klammern, Zahl im Balken = Anzahl der Ergebnisse.

Fig. 6 Efficacy of herbicides (%) of HRAC group A and B at spring application against *A. spica-venti*. Figures in brackets indicate herbicide rates in l or kg/ha, figures in square = number of trials.

4. Diskussion

4.1 Veränderung der Zielstellung der Ungrasbekämpfung in Abhängigkeit von der zeitlichen Entwicklung von resistenten Biotypen des Windhalms

Zu Beginn des Jahrtausends orientierte sich die amtliche Beratung in den neuen Bundesländern auch bei der Windhalmbekämpfung darauf, mit möglichst geringen Wirkstoffmengen hohe Wirkungsgrade zu erzielen. Dabei wurde durchaus eine geringe Windhalmpflanzenanzahl pro m² toleriert. 10 Jahre später liegt die Zielstellung in einer möglichst vollständigen Bekämpfung des Windhalms. Diese Erkenntnis hat sich durch die ersten Resistenznachweise bei ALS-Wirkstoffen gegenüber dem Windhalm herausgebildet. SCHRÖDER et al. (2004) konnten nachweisen, dass in den Versuchsjahren 2001 und 2002 unter optimalen Einsatzbedingungen trotz Wirkstoffmengenreduzierungen/ha von Sulfosulfuron (Monitor) bzw. Mesosulfuron + Iodosulfuron (Atlantis WG) um 50 % nur geringe in der landwirtschaftlichen Praxis tolerierbare Wirkungsgradreduzierungen auftraten. Unter den deutlich suboptimalen Einsatzbedingungen des Jahres 2003 (geringe Luftfeuchten über einen längeren Zeitraum) wurde ein deutlicher Wirkungsabfall bei vermindertem Stoffeinsatz pro Fläche festgestellt. Mit der Erkenntnis der nachgewiesenen Aufwandmengenflexibilität dieser Wirkstoffe wurden in der Beratung verringerte Aufwandmengen empfohlen. Diese Vorgehensweise kann im Einzelfall durchaus die Selektion von metabolisch resistenten Biotypen insbesondere dann gefördert haben, wenn die Wirkungsgrade dadurch unter 95 % lagen.

Durch die in den letzten Jahren zunehmenden Resistenznachweise bei Ackerfuchsschwanz und die ersten Resistenznachweise bei Windhalm musste auch die Bekämpfungsstrategie neu überdacht werden. Im Rahmen von Antiresistenzstrategien besteht die Zielstellung heute darin, möglichst hohe Wirkungsgrade gegenüber *A. spica-venti* zu realisieren.

4.2 Antiresistenzbausteine bei der Windhalmbekämpfung im Getreideanbau zur Minderung der Selektion von resistenten Biotypen

Die Auswertung der Versuchsergebnisse hat gezeigt, dass eine zusammengefasste Darstellung der Wirkungsgrade aller Versuchstandorte zunehmend Probleme bei der Interpretation der Ergebnisse bereitet. Speziell bei einer höheren Streubreite der Ergebnisse und bei der Analyse der extremen Minderwirkungen (Ausreißer) kann ohne eine Kenntnis der schlagspezifischen Resistenzsituation keine reale Bewertung der einzelnen Wirkstoffe oder Wirkstoffkombinationen mehr erfolgen. Wenn die Minderwirkungen nicht mit suboptimalen Einsatzbedingungen der Wirkstoffe erklärt werden können, bleibt nur die Vermutung, dass Teile der Population zumindest eine verminderte Sensitivität aufweisen. Da nicht alle Standorte auf den aktuellen Resistenzstatus untersucht werden können, richten sich die Antiresistenzstrategien auf eine Minderung der Selektion von resistenten Biotypen. Durch einen möglichst ständigen Wechsel der Mode of action (Wirkungsmechanismuswechsel) kann die Selektion von resistenten Biotypen deutlich reduziert werden. Die Klassifizierung der Wirkstoffe durch das HRAC nach dem Wirkungsmechanismus in verschiedenen Wirkstoffgruppen durch eine einfache Buchstabenkombination ermöglicht es der Beratung und letztendlich auch dem Landwirt, gezielt gegen eine Selektion resistenter Windhalmpopulationen vorzugehen.

Mit der Auswertung der Ringversuche der Länder Brandenburg, Sachsen, Sachsen-Anhalt, Thüringen und Hessen konnten entsprechend der HRAC-Eingruppierung Herbizidlösungen ermittelt werden, die unter den verschiedenen Witterungsbedingungen und Bodenverhältnissen der Versuchsstandorte hohe Wirkungsgrade gegen *A. spica-venti* erzielten. Die Auswahl der möglichen Herbizidvarianten im Wintergetreide zur Kontrolle des Windhalms richtet sich nach den Herbiziden mit der entsprechenden HRAC-Eingruppierung, die bereits im Rahmen der Fruchtfolge genutzt wurden. Da der Windhalm meist mit einer Reihe dikotiler Unkräuter vergesellschaftet vorkommt, muss deren Auftreten bei der Auswahl der Herbizidlösung mit berücksichtigt werden (SCHRÖDER et al., 2006). Weiterhin ist die unterschiedliche Resistenzgefährdung der einzelnen Wirkstoffgruppen bei der Auswahl zu beachten. Gegenwärtig häufen sich die Nachweise von ALS-Resistenzen bei Windhalm, sodass die Gruppe der ALS-Hemmer nur bedingt zur Kontrolle des Windhalms herangezogen werden sollte. Auf Standorten mit einem verstärkten Auftreten von *Centaurea cyanus* kann jedoch gegenwärtig auf den Wirkstoff Flupyrsulfuron im Herbst im Wintergetreide (außer Wintergerste) nicht verzichtet werden. Der Einsatz von Photosynthese II-Hemmern (HRAC-Gruppe C2) kann nur auf Standorten genutzt werden, die von den zahlreichen wirkstoffbezogenen Anwendungsbestimmungen nicht betroffen sind. Die ACCase-Hemmer sollten aufgrund der ebenfalls hohen Resistenzgefährdung nicht als Standardprodukt zur Windhalmbekämpfung genutzt werden. Dieser Wirkstoffgruppe kommt jedoch eine erhöhte Bedeutung bei der Windhalmbekämpfung zu, wenn die Zellwachstumshemmer (HRAC-Eingruppierung K) infolge ungünstiger Einsatzbedingungen (z. B. längere Trockenphasen im Herbst) zu geringe Wirkungsgrade erzielt haben. Trotz dieser nicht immer sicheren Wirkung der Wirkstoffe mit der HRAC-Eingruppierung K (z.B. Flufenacet, Pendimethalin) sollten sie aufgrund der allgemein geringen Resistenzgefährdung im Herbst das Primat der Windhalmbekämpfung darstellen. Um alle möglichen Resistenzbausteine im Rahmen einer Antiresistenzstrategie zu nutzen, müssen Herbizidvarianten der HRAC-Gruppe N und E zunehmend in der Windhalmbekämpfung eingesetzt werden. Dazu sind speziell neben den bereits dargestellten Herbizidvarianten weitere Kombinationen in Versuchen zu prüfen.

Neben diesen herbizidbetonten Fragestellungen muss dennoch unterstrichen werden, dass sich ein Anti-Resistenz-Management aus vielen unterschiedlichen Bausteinen zusammensetzt (ZWERGER et al., 2002; BALGHEIM, 2009; GEHRING, 2009; BERGMANN et al., 2010; RAFFEL et al., 2010; MEINLSCHMIDT und SCHRÖDER, 2011). Ackerbauliche Maßnahmen, wie Fruchtfolgen, Saattermine, Bodenbearbeitung, Sortenwahl und ein gezielter Herbizideinsatz bilden so ein komplementäres System (FACHAUSSCHUSS HERBIZIDRESISTENZ am JKI, 2009).

Literatur

AUGUSTIN, B., 2010: WINDHALM-HERKUNFT AUS RHEINLAND-PFALZ MIT MULTIPLER HERBIZIDRESISTENZ. JULIUS-KÜHN-ARCHIV **428**, 271-272.

- BALGHEIM, R., 2009: UNGRÄSER – IMMER MEHR RESISTENZEN. SONDERDRUCK AUS DLG-MITTEILUNGEN **9**, 2-6.
- BERGMANN, E., R. WITTKOPF, E. MEINLSCHMIDT, G. SCHRÖDER UND K. EWERT, 2010: ERGEBNISSE ZUR WINDHALMBEKÄMPFUNG (*APERA SPICA-VENTI* L.) IN WINTERGETREIDE AUS RINGVERSUCHEN IN SACHSEN-ANHALT, SACHSEN, BRANDENBURG UND THÜRINGEN. JULIUS-KÜHN-ARCHIV **428**, 477.
- DELABAYS, N., G. MERMILOD UND C. BOHREN, 2006: FIRST CASE OF RESISTANCE TO SULFONYLUREA HERBICIDES REPORTED IN SWITZERLAND: A BIOTYPE OF LOOSE SILKY-BENT (*APERA SPICA-VENTI* (L.) BEAUV.). ZEITSCHRIFT FÜR PFLANZENKRANKHEITEN UND PFLANZENSCHUTZ **SONDERHEFT XX**, 89-94.
- FACHAUSSCHUSS HERBIZIDRESISTENZ AM JULIUS-KÜHN-INSTITUT, 2009: HERBIZIDRESISTENZ – UNVERMEIDBAR? INFORMATIONSBLETT, JKI BUNDESFORSCHUNGSMITTEILUNG FÜR KULTURPFLANZEN, BRAUNSCHWEIG.
- GEHRING, K., 2009: ACKERFUCHSSCHWANZ UND WINDHALM – DIE ZWEI BEDEUTENDSTEN UNGRÄSER IM GETREIDEBAU. GETREIDEMAGAZIN **1**, 20-25.
- GEHRING, K., S. THYSEN UND T. FESTNER, 2010: HERBIZIDRESISTENZ BEI *ALOPECURUS MYOSUROIDES* HUDS. (ACKERFUCHSSCHWANZ) UND *APERA SPICA-VENTI* (L.) P. BEAUV. (WINDHALM) IN BAYERN. JULIUS-KÜHN-ARCHIV **428**, 270-271.
- HAMAMOUZÁ, K., J. SOUKUP, M. JURSIK, P. HAMOUZ, V. VENCLOVA UND P. TUMOVA, 2010: CROSS-RESISTANCE TO THREE FREQUENTLY USED SULFONYLUREA HERBICIDES IN POPULATIONS OF *APERA SPICA-VENTI* FROM THE CZECH REPUBLIC. WEED RESEARCH **51**, 113-122.
- HRAC, 2011: HERBICIDE RESISTANCE ACTION COMMITTEE (AVAILABLE [HTTP://WWW.WEEDSCIENCE.ORG](http://www.weedscience.org)).
- KAMPE, W., 1975: ZUR AUFLAUFDYNAMIK VON ACKERFUCHSSCHWANZ (*ALOPECURUS MYOSUROIDES*) UND WINDHALM (*APERA SPICA-VENTI*) IN DER PFALZ 1970-1974. GESUNDE PFLANZEN **27**, 133-138.
- KRATO, C. UND J. PETERSEN, 2010: SITUATION DER HERBIZIDRESISTENZ BEI UNGRÄSERN IN DEUTSCHLAND. JULIUS-KÜHN-ARCHIV **428**, 273.
- MARCZEWSKA, K. UND H. ROLA, 2005: BIOTYPES OF *APERA SPICA-VENTI* AND *CENTAUREA CYANUS* RESISTANT TO CHLORSULFURON IN POLAND. PROCEEDINGS 2005 13TH EWRS SYMPOSIUM, BARI, ITALY, 197.
- MASSA, D. UND R. GERHARDS, 2011: INVESTIGATIONS ON HERBICIDE RESISTANCE IN EUROPEAN SILKY BENT GRASS (*APERA SPICA-VENTI*). JOURNAL OF PLANT DISEASES AND PROTECTION **118**, 31-32.
- MASSA, D., B. KRENZ UND R. GERHARDS, 2011: TARGET-SITE RESISTANCE TO ALS-INHIBITING HERBICIDES IN *APERA SPICA-VENTI* POPULATIONS IS CONFERRED BY DOCUMENTED AND PREVIOUSLY UNKNOWN MUTATIONS. WEED RESEARCH **51**, 294-303.
- MEINLSCHMIDT, E. UND G. SCHRÖDER, 2011: DAMIT ES NICHT SOWEIT KOMMT – HERBIZIDRESISTENZEN. DLZ AGRARMAGAZIN PFLANZENBAU **2**, 2-5.
- MELANDER, B., N. HOLST, P.K. JENSEN, E.M. HANSEN UND J.E. OLESEN, 2007: *APERA SPICA-VENTI* POPULATION DYNAMICS AND IMPACT ON CROP YIELD AS AFFECTED BY TILLAGE, CROP ROTATION, LOCATION AND HERBICIDE PROGRAMMES. WEED RESEARCH **48**, 48-57.
- NIEMANN, P. UND P. ZWERGER, 2006: ÜBER HERBIZIDRESISTENZ BEI *APERA SPICA-VENTI* (L.) P.B. ZEITSCHRIFT FÜR PFLANZENKRANKHEITEN UND PFLANZENSCHUTZ **SONDERHEFT XX**, 81-88.
- NOVÁKOVÁ, K., J. SOUKUP, J. WAGNER, P. HAMOUZ UND J. NÁMESTEK, 2006: CHLORSULFURON RESISTANCE IN SILKY BENT-GRASS (*APERA SPICA-VENTI* (L.) BEAUV.) IN THE CZECH REPUBLIC. ZEITSCHRIFT FÜR PFLANZENKRANKHEITEN UND PFLANZENSCHUTZ **SONDERHEFT XX**, 139-146.
- RAFFEL, H., J. PETERSEN, J. GORNIK UND D. KAUNDUN, 2010: UNGRASRESISTENZ – WAS MÜSSEN WIR TUN UM DIE LEISTUNGSFÄHIGKEIT VON WIRKSTOFFEN ZU ERHALTEN? JULIUS-KÜHN-ARCHIV **428**, 274.
- SCHRÖDER, G., E. MEINLSCHMIDT, J. PAPPENFUß, O. MALARSKI UND R. GEBHARD, 2004: WINDHALMBEKÄMPFUNG IM FRÜHJAHR MIT VERMINDERTEN AUFWANDMENGEN VON SULFONYLHARNSTOFFEN – EIN BAUSTEIN IM REDUKTIONSPROGRAMM. GESUNDE PFLANZEN **56**, 223-231.
- SCHRÖDER, G., E. MEINLSCHMIDT, J. PAPPENFUß, R. BALGHEIM UND I. PITTORE, 2006: REDUZIERUNG DES HERBIZIDEINSATZES IN WINTERGETREIDE DURCH DIE AUSRICHTUNG DER WIRKSTOFFKOMBINATIONEN UND DER AUFWANDMENGEN DER HERBIZIDE AUF DIE TYPISCH VORKOMMENDEN LEITVERUNKRAUTUNGEN – ERGEBNISSE VON MEHRJÄHRIGEN RINGVERSUCHEN DER LÄNDER BRANDENBURG, SACHSEN, SACHSEN-ANHALT, HESSEN UND THÜRINGEN. ZEITSCHRIFT FÜR PFLANZENKRANKHEITEN UND PFLANZENSCHUTZ **SONDERHEFT XX**, 683-690.
- SOUKUP, J., K. NOVÁKOVÁ, P. HAMOUZ UND J. NÁMESTEK, 2006: ECOLOGY OF SILKY BENT GRASS (*APERA SPICA-VENTI* (L.) BEAUV.), ITS IMPORTANCE AND CONTROL IN THE CZECH REPUBLIC. JOURNAL OF PLANT DISEASES AND PROTECTION **SONDERHEFT XX**, 73-80.
- WOLBER, D.M., 2010: WIE AUF HERBIZIDRESISTENZEN REAGIEREN? GETREIDEMAGAZIN **3**, 148-154.
- WOLBER, D.M., 2011: HERBIZIDRESISTENZ UND HERBIZIDEMPFEHLUNGEN. GETREIDEMAGAZIN **3**, 16-26.
- ZWERGER, P., O. RICHTER, UND U. BÖTTCHER, 2002: STRATEGIEN GEGEN DIE ENTWICKLUNG VON EINFACH- UND MEHRFACH-HERBIZIDRESISTENZEN BEI UNKRÄUTERN. ZEITSCHRIFT FÜR PFLANZENKRANKHEITEN UND PFLANZENSCHUTZ **SONDERHEFT XVIII**, 383-390.